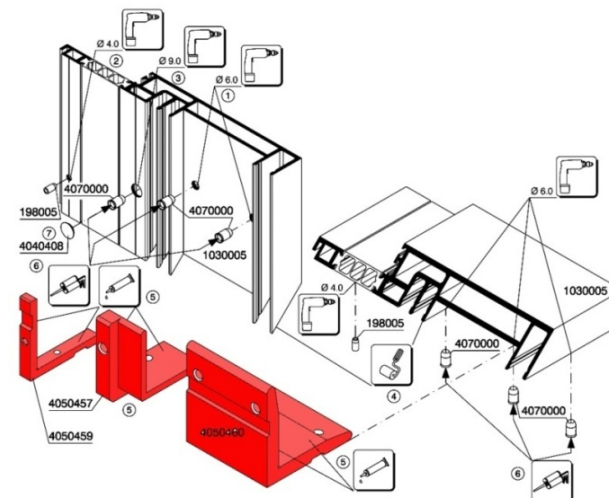


LA TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION Y LA SOSTENIBILIDAD

La gestión y la 'desmontabilidad' de los sistemas constructivos como estrategia para el cierre del ciclo de vida de los materiales en la arquitectura



Autor: Oriol PARIS VIVIANA

EPSEB – UPC- 2014

<http://cradletofuture.blogspot.com.es/>

LA GESTIÓN Y LA 'DESMONTABILIDAD' DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS COMO ESTRATEGIA PARA EL CIERRE DEL CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES EN LA ARQUITECTURA

1 Introducción

Los impactos ambientales asociados a la arquitectura pueden diferenciarse entre los impactos debidos al uso de los edificios y los impactos debidos a su construcción. El proyecto de investigación se centra en este segundo aspecto donde se vinculan la tecnología de la construcción y la sostenibilidad.

A través de los distintos programas de 'Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales' podemos conocer los impactos asociados a la construcción de la arquitectura pero siempre con una lectura limitada (cradle to grave) y sin que esta proponga estrategias claras teniendo en cuenta la visión global del edificio, su uso y su vida útil.

Si tan solo tenemos en cuenta los impactos ambientales por unidad de materia (kg) rápidamente habremos terminado, ya sabemos que el camino es la tierra, la piedra, la madera, etc. (materiales de bajo impacto por kilogramo transformado. Fig. A), pero sí en cambio tenemos en cuenta todas las propiedades y usos de los materiales, y como estos

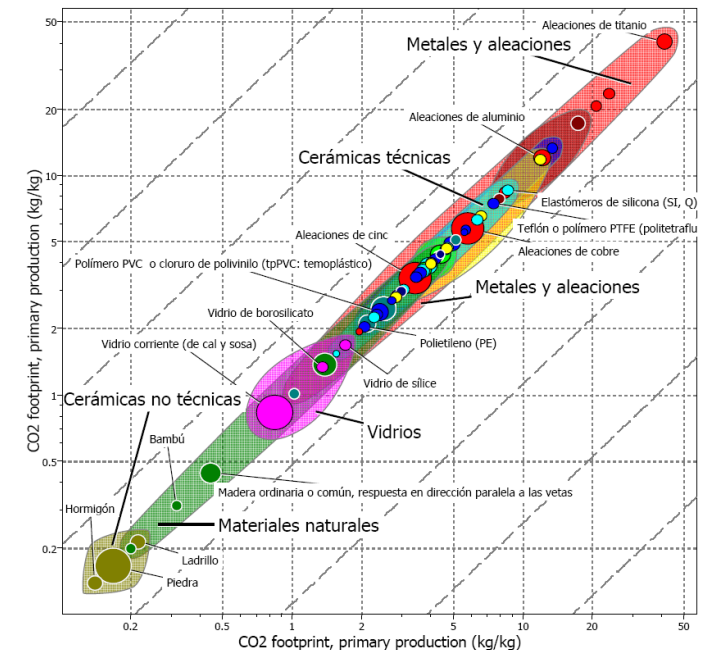


Fig. A. Ordenación de los materiales según impactos ambientales por unidad de kilogramo

generan elementos constructivos o forman parte de sistemas constructivos se nos abre un campo mucho más amplio y complejo.

La decisión ahora deja de ser directa y evidente. El uso de materiales de bajo impacto no nos garantiza una construcción también de bajo impacto, puesto que lo determina el uso que hacemos de las propiedades y las prestaciones que nos aportan. Por lo tanto deberíamos utilizar los valores de impacto ambiental de los materiales como una 'propiedad' más de estos y no como la 'característica' mas determinante.

- ***La 'sostenibilidad' no la encontramos ni en los materiales ni en los sistemas constructivos sino que la determinamos nosotros en el momento que definimos el uso de los materiales (utilidad).***



Fig. B. La durabilidad del sistema vs la durabilidad del servicio

El proyecto se centra sobre todo en analizar aspectos como la 'utilidad' de los elementos y su durabilidad (entendida como la obsolescencia del servicio); la 'eficiencia, la eficacia y la efectividad' como caminos divergentes; los sistemas optimizados vs los sistemas robustos o la reutilización de los elementos frente al reciclaje de los materiales. Conceptos que son básicos para el análisis de la 'sostenibilidad' de los sistemas constructivos y que a día de hoy no se están considerando en la mayoría de ACV's que se realizan.

2 Redefinir el concepto de eficiencia y optimización

Como sabemos, uno de los principales caminos que hemos adoptado para dar respuesta a los requerimientos de la sostenibilidad en la arquitectura ha sido el de la eficiencia, también en el uso de los materiales, pero en ocasiones con una visión a corto plazo.

Si tomamos el camino de la 'especialización' o 'optimización' de los elementos constructivos sabemos que limitamos el número de 'utilidades' que le podemos dar y por lo tanto limitamos también su potencial de reutilización (Fig. C). El elemento dará una respuesta óptima a las prestaciones solicitadas pero será incapaz de dar respuesta a nuevos usos. Diseño para una utilidad concreta, diseño optimizado. (*The Hannover Principles - Design for Sustainability. 1992 W.McDonough Architects*)

El mismo camino de la optimización de los elementos constructivos se está entendiendo como una estrategia para ser eficientes con el uso de los materiales, pero muchas veces esta eficiencia está basada en tan solo una de las propiedades del material dejando de lado las otras y por lo tanto olvidando una visión global del uso de los materiales en la construcción (soluciones robustas vs soluciones optimizadas).

¿Cuántas propiedades del material (por lo tanto prestaciones que nos aporta) estamos utilizado en los diferentes sistemas constructivos?

En un cerramiento portante de fachada de fábrica de ladrillo, estamos utilizando aproximadamente unas 17 propiedades de la cerámica (Fig. D) para dar respuesta (parcial o total) a los cinco requerimientos básicos de un cerramiento portante. En

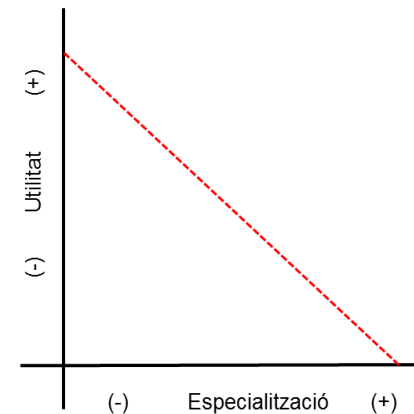


Fig. C. La especialización (optimización) de los elementos constructivos limita sus utilidades.

General properties

1. Density

Mechanical properties

2. Young's modulus (hyper)
3. Shear modulus
4. Bulk modulus
5. Bending modulus
6. Poisson's ratio
7. Yield strength (elastic limit)
8. Tensile strength
9. Compressive strength
10. Bending strength
11. Elongation
12. Hardness - Vickers
13. Fatigue strength at 10^7 cycles
14. Fracture toughness
15. Mechanical loss coefficient

Hygro-thermal properties

16. Water absorption
17. Water vapor permeability
18. Air permeability
19. Frost resistance

Thermal & combustion properties

20. Thermal resistivity
21. Thermal expansion coefficient
22. Specific heat capacity
23. Melting point
24. Maximum service temperature
25. Flammability
26. Emissivity

Electrical properties

27. Electrical conductor or insulator?
28. Electrical resistivity

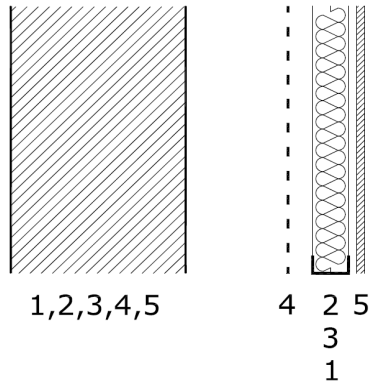
Optical properties

29. Natural color
30. Transparency
31. Transmissivity

Acoustic properties

32. Sound absorption
33. Sound isolation

Fig. D. Propiedades más utilizadas de la cerámica para un cerramiento estructural de fachada de fábrica de ladrillo



otro tipo de cerramiento 'más especializados' cada material aporta principalmente dos o tres propiedades al conjunto. ¿Debería considerarse esta estrategia como la más optimizada o eficiente?

En este sentido el camino de la optimización podría entenderse tanto a través de las soluciones robustas o de las soluciones especializadas, dependiendo de la estrategia que queramos seguir (Fig. E).

3 La industrialización como estrategia

Los procesos de industrialización y prefabricación de los sistemas constructivos que han apostado muchas veces por la especialización funcional también han abierto nuevos caminos que permiten tener en consideración aspectos como la 'reversibilidad' de los sistemas. Muchas de las tecnologías constructivas actuales permiten ser desmontadas y reutilizadas al final de la vida útil del edificio sin necesidad de ser recicladas (considerando durabilidad y mantenimiento).

La 'unión mecánica' entre elementos y sistemas constructivos y por lo tanto su reversibilidad abre un camino importante a tener en cuenta a la hora de calcular sus impactos ambientales más allá del impacto por kilogramo de material. Así pues, ya se intuye que no debería considerarse el mismo impacto ambiental para dos soluciones constructivas basadas en el mismo material pero que siguen estrategias tecnológicas opuestas (Fig. F).

Fig. E. Requerimiento básicos de cerramiento de fachada:
1.- Estabilidad; 2.- Aislamiento Térmico; 3.- Aislamiento Acústico;
4.- Estanqueidad; 5.- Fuego

En un análisis 'Cradle to Cradle' del edificio la reversibilidad de los sistemas y la reutilización de estos juega un papel fundamental para establecer comparaciones en los impactos ambientales entre materiales y tecnologías constructivas.

Esta visión 'cradle to cradle' obliga a considerar la durabilidad como un factor determinante en la sostenibilidad del edificio. Lógicamente la durabilidad no solo debe tenerse cuenta para los materiales y sistemas constructivos sino que también debemos pensar en la durabilidad del 'uso', de la utilidad del espacio. Y en este sentido se plantea la hipótesis de adaptar al máximo la durabilidad del sistema a la durabilidad del uso.

Como cambiaría la tecnología utilizada en nuestros edificios si siempre tuviéramos cuenta que:

- La utilidad de los espacios cambia (puede cambiar) a lo largo de la vida útil de los edificios y por lo tanto deberían ampliarse o reducirse o cambiar de sitio según necesidades en el tiempo (durabilidad del sistema vs durabilidad del uso) (Fig. G)
- Los sistemas constructivos que dan soporte a esta utilidad son propiedad de la empresa fabricante y esta se hace responsable durante toda su vida útil. El cliente tan solo alquila su servicio (utilidad) por un tiempo determinado y después son devueltos a la empresa para que los mantenga y realquile (propiedad de utilidad vs alquiler de servicios)

¿Como cambiaría el diseño de los sistemas que dan respuesta a una utilidad si los propietarios del sistema fueran las empresas que los producen y estas nos alquilaran el

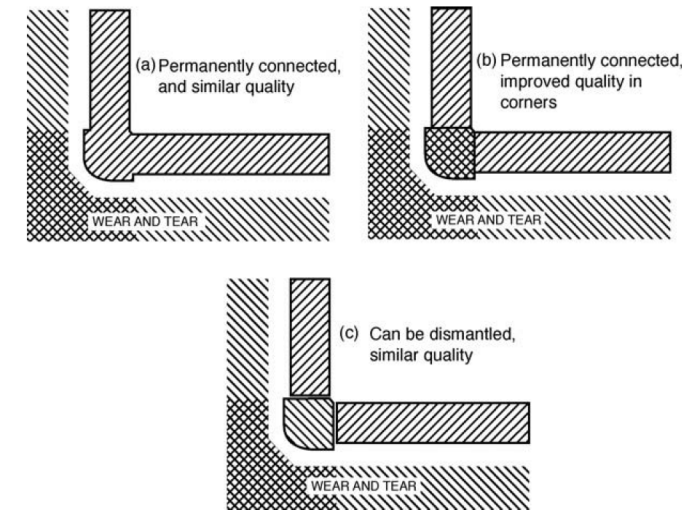


Fig. F. Diferentes estrategias de ensamblaje. (Bjorn Berge)

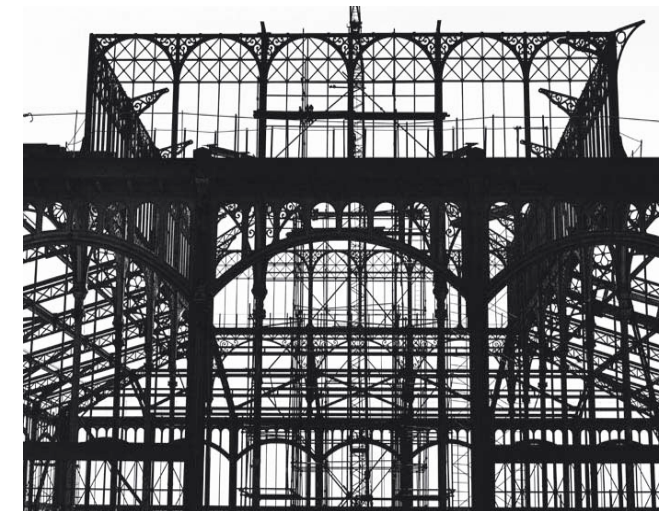


Fig. G. Desmontaje del Pavillon Baltard (n 8) de 'Les Halles' (Paris) para su posterior montaje en Nogent-sur-Marne 1976.

servicio? Posiblemente el diseño facilitaría el mantenimiento, la desmontabilidad del sistema y la reutilización de sus partes.

Todos estos aspectos deberían ser considerados para analizar, proponer o sugerir estrategias tecnológicas capaces de dar respuesta a la sostenibilidad un aspecto más de la arquitectura que durante los últimos años ha tomado mayor relevancia.

4 La investigación

Como hemos visto, el impacto ambiental asociado a la arquitectura tiene principalmente dos vertientes: **el impacto derivado del uso de los edificios y el impacto derivado de su construcción**. Si tenemos en cuenta una vida útil del edificio de 60 años, en un clima mediterráneo, sabemos que la repercusión de cada una se distribuye entre un 60-70 % con respecto al uso y en un 30-40 % debido al sistema constructivo (A.Pagès; O.Paris; A.Cuchí. 2007¹; P.Hernandez; P.Kenny 2008²). También sabemos que estos valores pueden cambiar según el país y las tecnologías de construcción. (C.Thormark 2001³)

Con la entrada en vigor de la normativa de eficiencia energética y la incorporación de los sistemas de energías renovables se plantea un nuevo escenario donde el 60-70 % de los impactos asociados a la edificación serán debidos a la construcción (Fig. H) (G.Wadel 2009⁴, Nielsen 1995; Winther 1998; C.Thormark 2007) con el añadido de que esta actividad utiliza mayoritariamente recursos materiales no renovables.

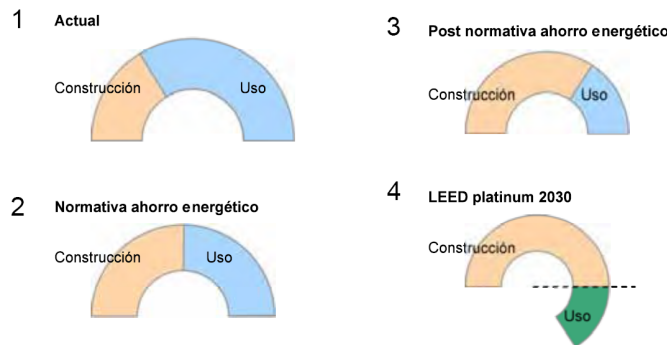


Fig.H. La importancia creciente del agotamiento de recursos
(G.Wadel 2009)

¹ 'Reducing CO2. Are industrialised construction systems better?' A.Pagès; O.Paris; A.Cuchí 2007

² 'Defining Zero Energy Buildings - A life cycle perspectiva' P. Hernandez, P.Kenny 2008

³ 'A low energy building in a life cycle -its embodied energy, energy need for operation and recycling potencial' C.Thormark 2001

⁴ Tesis doctoral. 'La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda' G.Wadel 2009.

El método de Análisis del '*Ciclo de Vida*'⁵ es un sistema completo pero termina cuando el elemento ha sido puesto en servicio y no permite tener en cuenta futuros usos de los materiales más allá de la vida útil del edificio. El concepto '*Cradle to Cradle*' iniciada por el arquitecto suizo *Walter R. Stahel* en los años 80 y desde los 90 desarrollado por *M.Braungart* y *W.McDonough* plantea precisamente esta continuidad.

¿Qué podemos hacer con los materiales y elementos constructivos una vez ha acabado la vida útil del edificio? y ¿Como esto puede condicionar el diseño de los edificios .

- *Cerrar el 'Ciclo de Vida ' de los materiales (recursos) es la única estrategia posible para garantizar las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras (Brundland⁶ 1987).*

Diferentes autores plantean dos posibles caminos para cerrar el ciclo de los materiales y por lo tanto dos maneras de alargar la disponibilidad de los recursos ' indefinidamente ' donde el Residuo se convierte en un Recurso:

- El primer camino y el más conocido hace referencia a los '**ciclos biológicos**' (Fig.I). **que son los ciclos naturales que se producen en la biosfera y que dependen principalmente del sol.** Estos sistemas biológicos cierran el ciclo de los materiales sin superar su 'tasa de renovación' natural (*A.Cuchi 2005*⁷). Así pues materiales como la madera o la tierra se convierten en los materiales de ciclo cerrado por antonomasia.
- En cuanto al segundo camino hace referencia a los '**ciclos tecnológicos**' (Fig.J) **que tienen como principal objetivo cerrar el ciclo de los materiales mediante el reciclaje o la reutilización de los elementos** (*M.Braungart; W.McDonough*⁸).

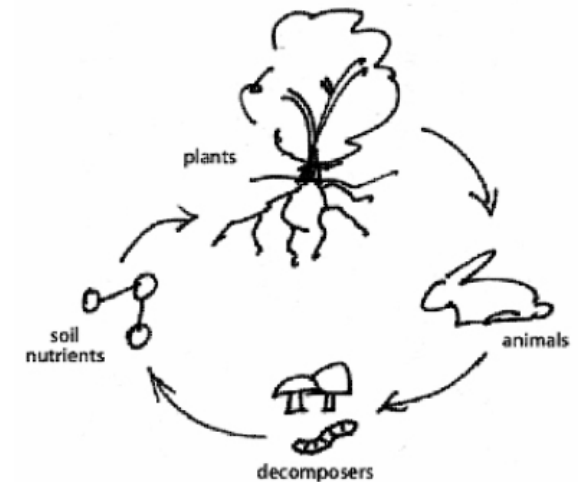


Fig.I. Ciclos biológicos

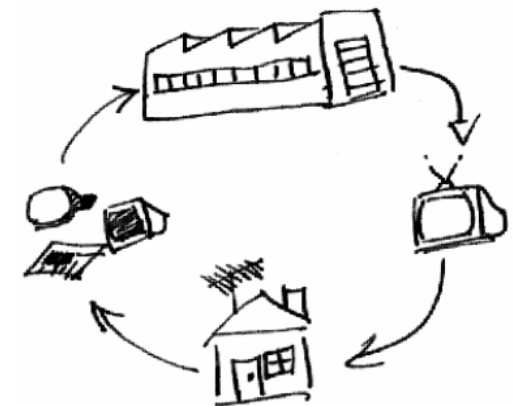


Fig.J. Ciclos tecnológicos

⁵ ISO 14.040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework

⁶ 'Our Common Future'. G. H. Brundtland 1987

⁷ 'Arquitectura i sostenibilitat'. A.Cuchi 2005

⁸ 'The Upcycle : Beyond Sustainability - Designing for Abundance'. M.Braungart; W.McDonough 2013

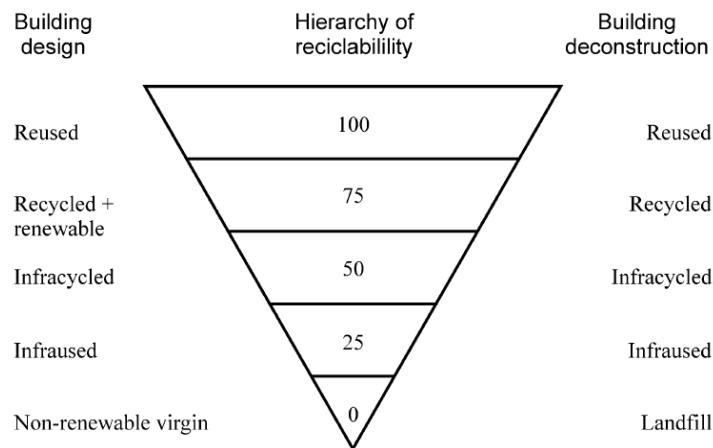


Fig.K. Jerarquía de reciclabilidad. Maccarini Vefago.

Cuando este ' ciclo tecnológico' lo situamos en la arquitectura y la industria de la edificación vemos cómo **algunos de los sistemas constructivos actuales pueden ser desmontados con cierta facilidad para recuperar su utilidad para nuevos usos sin la necesidad del reciclaje** (W.Gao; T.Ariyama; T.Ojima; A.Meier 2000⁹; Thormark 2001¹⁰; Thormark 2005¹¹).

En el congreso ' Conama 9' se presentó el proyecto 'PRODECO' Proyectar para deconstruir' liderado por iMat¹² (Centro tecnológico de la construcción). Este proyecto tiene como objetivo conocer y minimizar el impacto ambiental derivado de las decisiones tomadas en fase de proyecto.

En la tesis doctoral de Maccarini Vefago 2012¹³ inicia una primera metodología para evaluar el impacto ambiental de las operaciones de reciclaje, infra-reciclaje, reutilización y infra-utilización, tanto de los materiales como de los elementos constructivos ,una vez finalizada la vida útil los edificios.

⁹ 'Energy impacts of recycling disassembly material in residential buildings'. W.Gao; T.Ariyama; T.Ojima; A.Meier 2000

¹⁰ Thormark. C; A low nergy building in a life cycle its embodied energy, energy need for operation and recycling potencial. Building and Enviroment. 2001

¹¹ Thormark. C; The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. Building and Enviroment. 2005

¹² iMat Technology Centre building - <http://imat.cat/en/index.html>

¹³ 'El concepto de reciclabilidad aplicado a los materiales de construcción y a los edificios: propuesta de índices para evaluar la reciclabilidad de los sistemas constructivos'. M.Vefago (J.Avellanda) 2012

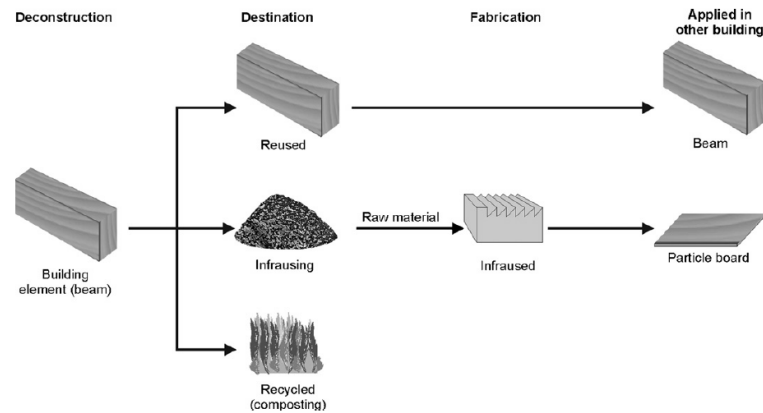


Fig.L. Posibles destinos de los elementos de madera después de la desconstrucción¹⁴. Maccarini Vefago

En este sentido pero son pocos los estudios e investigaciones que se han realizado en el ámbito de la arquitectura y éste representa un aspecto muy importante a tener en cuenta en el momento de analizar el impacto de la edificación ya que estamos considerando el agotamiento de recursos naturales debido a los procesos de construcción.

Actualmente disponemos de varias bases de datos a nivel nacional e internacional, donde se recogen los valores de impacto ambiental por kilogramo de material de los diferentes sistemas constructivos. Los valores de impacto ambiental están referidos tanto a la energía necesaria para la obtención de la partida de obra (MJ) como de las emisiones equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) emitidas durante su obtención.

Para aplicar el concepto 'cradle to cradle' necesitamos evaluar toda la vida útil del elemento constructivo y actualmente hay pocos datos. Si tenemos en cuenta la vida útil de los materiales y los elementos constructivos podemos ver cómo muchos de los que tienen un impacto ambiental elevado ofrecen un mayor potencial de desmontaje que puede compensar el elevado impacto inicial.

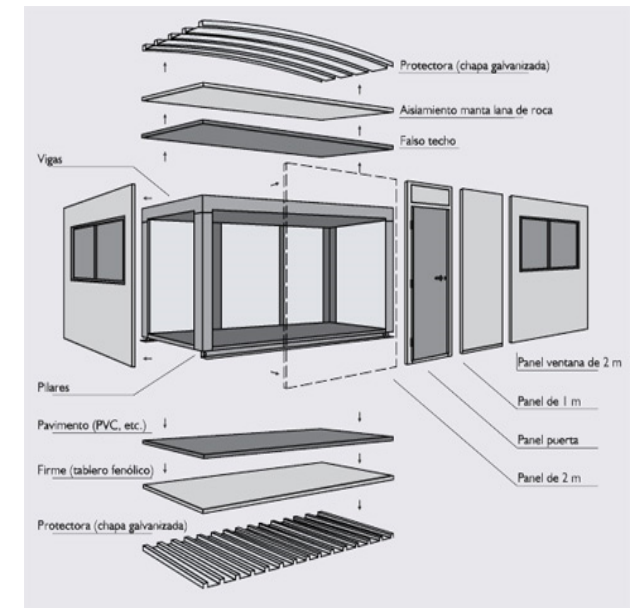


Fig.M. Alquiler de módulos tridimensionales.

¹⁴ 'Recycling concepts and the index of recyclability for building material'. M.Vefago (J.Avellanda) 2012



Fig.N. Interface. Empresa de moquetas que alquila el 'servicio'

Una visión 'cradle to cradle' permite incorporar el desmontaje estratégico para ofrecer alternativas de construcción más sostenible.

La capacidad de poder desmontar y recuperar los elementos constructivos de los edificios abre nuevas perspectivas para el sector de la construcción incorporando el concepto de 'alquiler' de elementos y componentes.

Así una vez finalizada la vida útil de los edificios las empresas pueden recuperarlos e incorporarlos en su proceso productivo sin que prácticamente éstos pierdan su valor de utilidad (Fig. M,N) (R.C.Anderson 1998¹⁵; G.Wadel 2009¹⁶, A.Cuchí 2005).

¹⁵ 'Mid-course correction'.Ray C.Anderson. 1998.

¹⁶ 'La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda. G.Wadel. Thesis. 2009.

5 Referencias bibliográficas

1. W.McDonough; M.Braungart. '*Cradle to Cradle Remaking the way we make Things*'. 2002. ISBN 0-86547-587-3.
2. W.McDonough; M.Braungart. '*The Upcycle: Beyond Sustainability--Designing for Abundance*'. 2013. ISBN 978-0-86547-748-3
3. A.Cuchi. '*Arquitectura i sostenibilitat*'. 2005. ISBN 84-8301-839-X
4. Bjorn Berge. '*The Ecology of Building Materials*'. 2009. ISBN 978-1-85617-537-1
5. John Fernandez '*Material Architecture*'. 2006. ISBN 978-0-7506-6497-4
6. Meg Calkins '*Materials for Sustainable Sites: A Complete Guide to the Evaluation, Selection, and Use of Sustainable Construction Materials*'. 2009. ISBN 978-0-470-13455-9
7. L. H.Lovins, A.Lovins, P.Hawken. '*Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*'. 2008. ISBN 0316353000
8. Ray C. Anderson. '*Mid-Course correction*'. 1998 ISBN-10: 0964595354
9. N.Georgescu-Roegen '*La Ley de la Entropía y el proceso económico*'. 1996. ISBN 8477749736
10. Joseph A. Demkin New York, J.Wiley & Sons, '*Environmental resource guide*' 1996
11. Howard, N., Edwards, S. and Anderson, J., 1999. *BRE Methodology for Environmental Profiles of Construction Materials, Components and Buildings*. Report BR370, CRC, London.
12. C. Ian Jones. 2011. Thesis '*Life cycle energy consumption and environmental burdens associated with energy technologies and buildings*'
13. Eaton, K.J. and Amato, A., 1998. *A Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Modern Office Buildings*. The Steel Construction Institute, Berkshire. SCI Publication 182.
1. Geoffrey P. Hammond; C.I. Jones. '*Embodied Carbon: The Concealed Impact of Residential Construction*'
2. Hammond, G.P. and Jones, C.I., 2007. *Benchmarks for embodied energy & carbon: domestic buildings*. Proc. of the International Conference of the Society for Sustainability and Environmental Engineering 07 (SSEE 07), 31 October–2 November, Perth, Australia.
3. Hammond, G.P. and Jones, C.I., 2008a. Embodied energy and carbon in construction materials. *Proc. Instn Civil Engrs: Energy*, 161 (2): 87–98. [DOI:10.1680/ener.2008.161.2.87].
4. Brundtland. 1987. '*Our Common Future*'. Report of the World Commission on Environment and Development. World Commission on Environment and Development.

5. W.McDonough ; M.Braungart . '*Cradle to Cradle Remaking the Way We make Things*' . 2002 . ISBN 0-86547-587-3
6. W.McDonough ; M.Braungart . '*The Upcycle : Beyond Sustainability - Designing for Abundance*' . 2013 . ISBN 978-0-86547-748-3
7. A.Cuchi . Architecture and Sustainability '. 2005. ISBN 84-8301-839 -X
8. Ray C. Anderson. '*Mid- Course correction*'. 1998 ISBN -10 : 0964595354
9. N.Georgescu - Roegen '*The Entropy Law and the Economic Process on* '. 1996. ISBN 8477749736
10. Joseph A. Demko New York J.Wiley & Sons 'Environmental resource guide ' in 1996
11. KIERAN, Stephen; and TIMBERLAKE, James. *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*. New York: McGraw-Hill, 2004. ISBN 0-07-143321-X
12. K.LIKER, Jefrey. *Las claves del éxito de Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. McGraw-Hill, 2004. ISBN 978-84-9875-074-4
13. PARICIO, Ignacio. *La Construcción de la Arquitectura* – Vol. 1 “Las Técnicas”. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC. 3ª edición Marzo 1996. ISBN 84-7853-375-3
14. PARICIO, Ignacio. *La Construcción de la Arquitectura* – Vol. 2 “Los Elementos”. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC. 3ª edición Marzo 1996. ISBN 84-7853-293-5
15. ZAMORA, Joan Lluís. *Projectar l'arquitectura des de la coordinació dimensional*. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC. 1ª edición Octubre 2004. ISBN 84-7853-474-1
16. BENDER, Richard. *Una visión de la construcción industrializada*. Ed. Gustavo Gili, S.A. 1976. ISBN 84-252-0636-7
17. G.H. DIETZ, Albert and S. CUTLER Laurence. *Industrialized Building Systems for Housing*. Ed. The Massachusetts Institute of Technology, 1971. ISBN 0-262-04034-4
18. BERNARD, Paul. *La construcción por componentes compatibles*. Editores técnicos asociados, S.A. 1982. Segunda edición. ISBN 84-7146-234-6
19. ARAUJO, Ramón. *La arquitectura como técnica*. A.T.C Ediciones. 2007. ISBN 978-84-920517-0-0; 978-84-920517-1-7
20. ARAUJO, Ramón. *La construir en altura. Sistemas, tipos y estructuras*. Editorial Reverté, S.A. 2012. ISBN 978-84-291-3103-1
21. HUFNAGEL, W. (Responsable de la 14ª edición alemana). *Manual del Aluminio*. Ed. REVERTÉ, S.A. 1992. ISBN 84-291-6011-6

22. DEL AGUILA GARCIA, Alfonso. *La industrialización de la edificación de viviendas. Tomo 1- Sistemas*. Maireia Libros, Madrid. 2006. ISBN 978-84-934711-3-2
23. DEL AGUILA GARCIA, Alfonso. *La industrialización de la edificación de viviendas. Tomo 2- Componentes*. Maireia Libros, Madrid. 2006. ISBN 978-84-934711-4-9
24. CHEMILLIER, Pierre. *Industrialización de la construcción. Los procesos tecnológicos y su futuro*. Editores técnicos asociados, s.a. Barcelona 1980. ISBN 84-7146-211-7
25. T. FETTERS, Thomas. *The Lustron home. The history of a postwar prefabrication housing experiment*. McFarland & Company, Inc., Publishers. ISBN-13:978-0-7864-2655-3
26. KNAACK, Ulrich; KLEIN, Tillmann; BILOW, Marcel; AUER, Thomas. *Facades, principles of construction*. Birkhäuser Verlag AG 2007. ISBN 978-3-7643-7943-9
27. SEMINARIO DE PREFABRICACION. *Fachadas prefabricadas de hormigón*. 1973 ed. Hermann Blume ediciones. Madrid. ISBN 84-7214-087-3
28. BROOKES, Alan J. *Cladding of Buildings*. Published by E & FN Spon, London. 3a edicion 1998. ISBN 0-41922170-0
29. AVELLANEDA, Jaume; CUCHÍ, Albert; ZAMORA, Joan-Lluís. *Manual de diseño de Fachadas en Hormigón Arquitectónico*. Barcelona 1980. Depósito legal: B. 25.985-1980
30. VON HALÁSZ, Robert; TANTOW, Günter. *La construcción con grandes elementos prefabricados. Cálculo y diseño*. Ediciones Urmo, Bilbao 1972. ISBN BI.1001-1972
31. R.M.E. DIAMANT, MSc. In collaboration with The Architect & Building News. *Industrialized building 1- 50 International Methods*. Printed and bound by The Chapel River Press, Andover, Hants 1965.
32. R.M.E. DIAMANT, MSc. In collaboration with The Architect & Building News. *Industrialized building 2- 50 International Methods. Second series*. Printed and bound by The Chapel River Press, Andover, Hants 1965.
33. R.M.E. DIAMANT, MSc. In collaboration with The Architect & Building News. *Industrialized building 3- 50 International Methods. Third series*. Printed and bound by The Chapel River Press, Andover, Hants 1968.
34. DAWSON, Susan. *Cast in concrete. Reconstructed Stone and precast concrete - a guide for architects*. Architectural Cladding Association, 1995. ISBN 1 86081 034 9
35. NISSEN, Henrik. *Construcción industrializada y diseño modular*. Hermann Blume ediciones, Madrid 1976. ISBN 84-7214-074-1
36. CALLISTER, William D. Jr. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Editorial Reverté, S.A. Barcelona 1997. ISBN 84-291-7253-X